



PCT/FR 00 / 0 0 1 2 0

REC'D 04 FEB 2000	
WIFO	PCT

EU

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

#6
20 May 02
R. Jallo

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 NOV. 1999

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30





BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre



N° 55-1328

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réserve à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

21 JAN 1999

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 00632

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

DATE DE DÉPÔT

21 JAN. 1999

1

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

BREVATOME

3, rue du Docteur Lancereaux

75008 PARIS

422-5/S002

n° du pouvoir permanent B 13180.3/DB 01 53 83 94 00

07068 du DD 1850

2.06.98

certificat d'utilité n°

date

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande
de brevet européen

☒ demande initiale

☐ brevet d'invention

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

DISPOSITIF DE DETECTION THERMIQUE DE RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES
ET PROCEDE DE FABRICATION DE CELUI-CI

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

Forme juridique

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Etablissement de Caractère Scientifique,
Technique et Industriel

Nationalité (s)

Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

31, 33 rue de la Fédération 75015 PARIS

France

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

B. MORIN
422-5/S002

SIGNATURE DU PRÉPOSE À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRES ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

B 13180.3/DB

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9900632

TITRE DE L'INVENTION :

DISPOSITIF DE DETECTION THERMIQUE DE RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES
ET PROCEDE DE FABRICATION DE CELUI-CI

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

B. MORIN

c/o BREVATOME

25 rue de Ponthieu

75008 PARIS

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

YON Jean-Jacques

56, rue des Chênes

Rivoire de la Dame

38360 SASSENAGE

VILAIN Michel

1, rue des Terrasses

38450 ST GEORGES DE COMMERS

OUVRIER-BUFFET Jean-Louis

La Planche

74330 SEVRIER

FRANCE

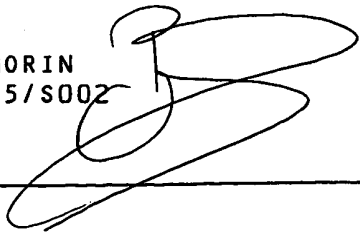
NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

PARIS LE 21 JANVIER 1999

B. MORIN

422-5/S002



DISPOSITIF DE DETECTION THERMIQUE DE RAYONNEMENTS
ELECTROMAGNETIQUES ET PROCEDE DE FABRICATION DE
CELUI-CI

5

DESCRIPTION

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif de
détection thermique de rayonnements électromagnétiques,
10 et un procédé de fabrication de celui-ci.

Etat de la technique antérieure

Un détecteur de rayonnements électromagnétiques
basé sur le principe d'une détection thermique, tel que
15 représenté schématiquement sur la figure 1 est
généralement constitué de différents sous-ensembles qui
réalisent les quatre fonctions essentielles nécessaires
à la détection du rayonnement, à savoir :

- une fonction d'absorption :

20 La fonction d'absorption permet de convertir
l'énergie de l'onde électromagnétique incidente, qui
est caractéristique de la température et de
l'émissivité de la scène observée, en un échauffement
de la structure de détection. Les paramètres qui
25 caractérisent cette fonction sont :

• D'une part l'absorption relative (A_r) qui
définit le rapport de la luminance du rayonnement
incident à la luminance effectivement absorbée par la
structure absorbante. Une cavité optique résonnante
30 quart d'onde permet d'obtenir une absorption relative
proche de la valeur idéale de 100 %.

• D'autre part le facteur de remplissage (F_r)
qui est le rapport de la surface utile participant
effectivement à l'échauffement du détecteur à la

surface totale de celui-ci. On obtient ainsi des facteurs de remplissage de l'ordre de 50 %.

L'optimisation de la fonction d'absorption consiste donc essentiellement à maximiser ces
5 paramètres F_r et A_r .

- une fonction de thermomètre :

Le thermomètre est un élément dont l'une des caractéristiques physiques est sensible à la température. Ce peut être la résistivité électrique du
10 matériau dans le cas des bolomètres résistifs, la conductivité de dispositifs à semi-conducteurs, la polarisation résiduelle dans le cas d'un détecteur pyroélectrique, la constante diélectrique dans le cas d'un détecteur ferroélectrique, etc... Le facteur de
15 qualité essentiel qui caractérise la fonction de thermomètre est la variation relative de la grandeur physique observée avec la température. Pour un bolomètre résistif de résistance R ce facteur de qualité s'exprime par $dR/R.dT$, autrement noté TCR.
20 L'optimisation du thermomètre consiste à maximiser ce paramètre.

- une fonction d'isolation thermique :

Le thermomètre est isolé thermiquement de son environnement, par exemple en disposant le thermomètre
25 sur une membrane suspendue au-dessus d'un substrat, selon une architecture appelée « micro-pont », qui est isolée thermiquement d'une part en intégrant le détecteur dans un environnement sous pression de gaz réduite et d'autre part, en intercalant un dispositif
30 spécifique d'isolation thermique entre le micro-pont supportant le thermomètre et le circuit aval de traitement du signal. Les paramètres thermiques caractéristiques sont d'une part l'impédance thermique R_{th} qu'il faut maximiser afin d'améliorer la
35 sensibilité du détecteur et d'autre part, la capacité

calorifique C_{th} qui traduit l'inertie thermique du thermomètre qu'il faut minimiser afin de réduire le temps de réponse du détecteur à une variation du flux incident. Le temps de réponse qui est proportionnel au produit $R_{th} \times C_{th}$ est typiquement de quelques millisecondes à quelques dizaines de millisecondes. Afin de réaliser un détecteur sensible et rapide à la fois, on cherche à maximiser l'efficacité de l'isolation thermique et à réduire au maximum le volume du thermomètre. Cette optimisation implique la réalisation de structures en couches minces.

- une fonction de traitement du signal :

La fonction de traitement du signal consiste à traduire le signal électrique délivré par le thermomètre en un signal vidéo qui est exploitable par une caméra. Cette fonction est réalisée :

- Soit par hybridation du circuit de détection sur le circuit de traitement : cette première solution, qui nécessite de traiter individuellement chaque composant, est incompatible avec un procédé où les opérations technologiques de fabrication sont réalisées simultanément sur un grand nombre de composants assemblés à plat sur un substrat. Cette première solution pose donc le problème d'un coût de fabrication élevé.

- Soit par assemblage du détecteur sur un micro-pont suspendu au-dessus d'un circuit de traitement préexistant. Le composant réalisé est alors dit « monolithique ». Cette deuxième solution qui permet de s'affranchir du problème du coût de fabrication impose des contraintes sévères sur les procédés technologiques qui réalisent la structure de détection : en particulier le budget thermique doit être limité afin de ne pas dégrader les performances électriques du circuit de traitement.

Outre ces différentes fonctions, il faut de plus :

• D'une part réaliser le maintien mécanique
5 entre le détecteur et le circuit de traitement.

• D'autre part assurer la transmission du signal électrique issu du thermomètre vers le circuit de traitement.

Les figures 2 et 3 représentent schématiquement
10 l'implantation des différentes fonctions nécessaires à la détection. La figure 2 fait référence à une architecture où le détecteur est assemblé au-dessus du circuit de traitement, alors que la figure 3 représente une configuration où ces deux éléments sont juxtaposés.

15 Sur ces deux figures sont représentées :

- une zone 10 qui constitue le thermomètre et correspond à la zone active du détecteur qui collecte effectivement les photons incidents ;

20 - des zones 11 qui constituent les dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique entre le détecteur et le circuit de traitement ;

- les zones 12 qui constituent les dispositifs d'isolation thermique du détecteur ;

25 - une zone 13 qui représente le circuit de traitement du signal.

Sur la figure 2, la zone 13 n'est pas représentée car elle se situe sous le détecteur.

Les dispositifs 11, 12 et 13 ne participent pas à la détection ; pour maximiser le facteur de
30 remplissage on cherche donc à limiter la surface nécessaire à leur réalisation, en :

- limitant leur nombre à un strict minimum, par exemple à deux ;

- limitant leur dimension, en réduisant la longueur des dispositifs d'isolation thermique, et donc leur section et leur épaisseur afin de conserver une isolation thermique suffisante.

- 5 - privilégiant l'architecture où le détecteur est assemblé sur le circuit de traitement selon une architecture monolithique.

La demande de brevet Européen EP-0 354 369 décrit, ainsi, un réseau détecteur infrarouge
 10 monolithique non refroidi de bolomètres fabriqués sur un substrat en silicium. Les bolomètres comprennent une pile d'oxyde de silicium, de TiN (nitrure de titane), a-Si:H (silicium amorphe hydrogéné), TiN, d'oxyde de silicium. Le nitrure de titane forme l'absorbeur
 15 infrarouge et les contacts de résistance, et le silicium amorphe la résistance avec un coefficient en température élevé de résistivité. La résistance est suspendue au-dessus du substrat en silicium par des interconnexions métalliques et le circuit de traitement
 20 associé est formé dans le substrat en silicium au-dessous de la résistance.

Pour minimiser les déformations mécaniques des structures fines mises en oeuvre une première solution consiste à compenser les contraintes qui se développent
 25 dans une couche mince par la disposition d'une couche supplémentaire en contact avec cette couche.

Une seconde solution consiste à réduire l'amplitude des contraintes intrinsèques des matériaux utilisés en ayant recours à des traitements thermiques
 30 à températures élevées afin de relaxer les contraintes. Mais cette solution conduit à contraindre thermiquement le circuit électronique de traitement disposé sous le détecteur et à dégrader la fonctionnalité dudit circuit.

35

On va, à présent, considérer plusieurs exemples de réalisation selon l'art antérieur.

La figure 4 représente une vue en perspective d'un détecteur unitaire caractérisé par des dispositifs d'isolation thermique 12 de longueur intermédiaire.

Les structures les plus souvent réalisées, illustrées sur les figures 5, 6 et 7, représentent une vue en plan de trois détecteurs voisins 16, 17 et 18 faisant partie d'une structure généralement plus complexe, barrette linéaire ou matriçage à deux dimensions de détecteurs.

Dans la réalisation illustrée sur la figure 5, l'isolation thermique est maximisée grâce à des dispositifs d'isolation thermique 12 très longs associés à des dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique 11. Cette réalisation présente les inconvénients suivants :

- une zone active 10 réduite du fait de l'encombrement des dispositifs d'isolation, d'où un facteur de remplissage faible ;

- une tendance au fléchissement de la partie 12 du fait de sa longueur, ce qui nécessite une membrane plus épaisse pour assurer la rigidité mécanique.

Dans la réalisation illustrée sur la figure 6, le facteur de remplissage est maximisé en limitant la surface consacrée aux dispositifs d'isolation thermique 12 ; les déformations mécaniques sont limitées et une structure fine peut être utilisée. Mais cette réalisation présente une isolation thermique réduite et par voie de conséquence une sensibilité de détection limitée.

Dans la réalisation illustrée sur la figure 7, quatre liaisons physiques sont introduites entre le détecteur et le circuit de traitement, lesdites liaisons étant constituées de dispositifs d'isolation

thermique 12 associés à des dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique 11. Cette réalisation permet d'obtenir une bonne stabilité mécanique de la structure et des détecteurs en couches minces. Mais cette réalisation présente les inconvénients suivants :

- une zone active 10 réduite du fait du nombre et de l'encombrement des dispositifs d'isolation 12 et des dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique 11 ; le facteur de remplissage de ce type de détecteur est donc faible ;

- une isolation thermique plus faible car les fuites thermiques peuvent se répartir dans huit branches au lieu de deux, d'où une perte de sensibilité d'un facteur 4.

L'invention a pour objectif de proposer un dispositif de détection thermique de rayonnements électromagnétiques comprenant des détecteurs thermiques à micro-pont utilisant des couches actives suspendues les plus minces et les plus planes possible.

Exposé de l'invention

La présente invention concerne un dispositif de détection thermique de rayonnements électromagnétiques, par exemple infrarouge ou millimétrique, comportant au moins deux détecteurs à micro-ponts, dans lequel les couches suspendues des micro-ponts de deux détecteurs voisins sont reliées entre elles par une connexion mécanique.

Avantageusement chaque connexion mécanique est un prolongement de l'une au moins des couches suspendues des micro-ponts.

Avantageusement chaque connexion mécanique comprend un matériau à faible conductibilité calorifique.

Avantageusement la (ou les) connexion(s) mécanique(s) est (sont) dans l'alignement de deux dispositifs de maintien mécanique, appartenant chacun à l'un de deux détecteurs voisins.

Avantageusement le dispositif de l'invention peut être relié à un ou plusieurs dispositifs voisins en formant une configuration répétitive dudit détecteur selon une architecture linéaire ou matricielle adaptée à la réalisation d'images de sources d'ondes électromagnétiques.

L'invention concerne plus particulièrement le domaine des détecteurs infrarouges basés sur le principe d'une détection thermique par opposition à la détection quantique, et fonctionnant avantageusement à température ambiante.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un tel dispositif en partant d'un circuit de traitement faisant apparaître en surface des plots métalliques de liaison, passivés par une couche isolante dans laquelle des ouvertures sont aménagées au niveau des plots. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- on réalise un réflecteur en surface du circuit de traitement par dépôt d'une couche métallique et définition par photolithographie ;
- on réalise une cavité optique par dépôt et recuit d'une couche sacrificielle qui est enlevée ensuite ;
- on dépose au moins deux couches constituant le micro-pont, à savoir
 - une couche de matériau sensible à la température,

- une couche conductrice constituant les électrodes du détecteur ;
- on réalise les dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique
- 5 • en réalisant une gravure au droit des plots de liaison, de la couche sacrificielle, de la couche de matériau sensible à la température et de la couche conductrice,
- 10 • en déposant et en gravant au moins une couche métallique qui permet d'assurer la continuité électrique et mécanique entre les plots de liaison et les électrodes du micro-pont ;
- 15 - on définit les électrodes du détecteur par gravure de la couche conductrice ;
- on grave simultanément la couche de matériau sensible à la température, la couche conductrice et les couches optionnelles nécessaires à la réalisation du
- 20 micro-pont, en utilisant un masque pour épargner une zone située entre les détecteurs.
- Avantageusement on peut avoir les caractéristiques suivantes. La couche de matériau sensible à la température est une couche de silicium
- 25 amorphe. La couche conductrice constituant les électrodes du détecteur est une couche de nitrure de titane. La couche métallique, qui permet d'assurer la continuité électrique entre les plots électriques et les électrodes du micro-pont est une couche
- 30 d'aluminium. La couche métallique, constituant les électrodes du détecteur est enlevée, dans les zones occupées par les connexions mécaniques. Après l'étape de définition des électrodes du détecteur par gravure de la couche conductrice, on peut déposer une dernière

couche, qui peut être une couche d'oxyde de silicium, de nitrure de silicium, ou de silicium amorphe.

Dans une première variante de réalisation, on amincit les dispositifs de connexion grâce à une gravure partielle de ces derniers. Avantageusement on peut éliminer la couche conductrice et la couche optionnelle au niveau des connexions.

Dans une seconde variante de réalisation on rapporte sur des micro-ponts complètement isolés les uns des autres, un élément de connexion réalisé dans un matériau autre que ceux déjà présents dans le micro-pont et présentant une faible conductibilité calorifique : par exemple du nitrure de silicium ou un matériau polymère.

15

L'invention permet d'obtenir les résultats avantageux suivants :

- L'efficacité de l'absorption de l'onde incidente est optimisée, grâce à une meilleure conformation géométrique de la cavité optique qui est une cavité résonante quart d'onde.

- La réalisation de structures de très faible épaisseur, typiquement 100 nanomètres, voire moins est rendue possible, et non plus de l'ordre de 500 nanomètres, comme dans les dispositifs de l'art antérieur. La mise en oeuvre d'un micro-pont en couches minces permet aussi de réduire l'inertie thermique du détecteur, et par voie de conséquence conduit à la réalisation de détecteurs plus rapides vis-à-vis des modulations du flux incident.

- En favorisant la zone active qui participe effectivement à la collecte des photons incidents, on augmente le facteur de remplissage. La sensibilité du détecteur est donc augmentée. Typiquement l'invention permet d'obtenir un facteur de remplissage de l'ordre

de 80 %, ce qui est très supérieur au facteur de remplissage de d'ordre de 50 % de l'art antérieur.

• Les déformations mécaniques induites par les contraintes intrinsèques des couches constituant le micro-pont sont compensées par les connexions mécaniques. Les composants réalisés ne nécessitent donc pas de traitements thermiques de relaxation des contraintes. Le circuit de traitement du signal peut ainsi être avantageusement intégré au circuit de détection selon une structure monolithique, ce qui est préférable à une structure hybride, en terme de performances et de coûts.

Brève description des dessins

La figure 1 illustre le schéma de principe d'un détecteur thermique de rayonnement électromagnétique classique.

Les figures 2 et 3 représentent schématiquement l'implantation des différentes fonctions nécessaires à la détection.

Les figures 4, 5, 6 et 7 illustrent plusieurs structures classiques de détecteur.

La figure 8 illustre un premier mode de réalisation du dispositif de détection selon l'invention.

La figure 9 illustre un second mode de réalisation du dispositif de détection selon l'invention.

La figure 10 représente le gabarit du filtre adapté au traitement d'un signal issu d'un détecteur central présentant deux éléments de connexion vers les détecteurs voisins.

Les figures 11A et 11B illustrent deux vues en coupe d'une structure réalisée selon un mode préféré de l'invention dans le domaine de la détection infrarouge.

La figure 12 illustre le dessin d'un masque qui réalise la découpe d'un micro-pont selon l'invention.

Exposé détaillé de modes de réalisation

5 Dans la suite de la description les éléments analogues à ceux des dispositifs de l'art antérieur décrits ci-dessus conservent les mêmes références.

La présente invention concerne un dispositif de
10 détection thermique de rayonnements électromagnétiques comportant au moins deux détecteurs à micro-ponts, dans lequel les couches « suspendues » des micro-ponts sont reliées entre elles par une connexion mécanique. Ces couches suspendues sont les couches du micro-pont qui
15 sont isolées physiquement du substrat et maintenues au-dessus du substrat par des dispositifs de maintien mécanique.

Ce dispositif, représenté sur la figure 8, comprend les éléments suivants :

- deux dispositifs de maintien mécanique et
20 d'interconnexion électrique 11 par détecteur ;

- deux dispositifs d'isolation thermique 12 par détecteur ;

- une zone active sensible au rayonnement 10
par détecteur ;

25 - deux connexions mécaniques 15, 15' qui relie mécaniquement le détecteur central 16 aux détecteurs voisins 17 et 18, et qui empêche l'affaiblissement des zones du micro-pont les plus éloignées des dispositifs de maintien mécanique 11.

30 Chaque connexion mécanique 15, 15' peut être un prolongement de l'une au moins des couches suspendues des micro-ponts. Elle peut être constituée par un matériau à faible conductibilité calorifique.

Le dispositif de l'invention présente une
35 stabilité mécanique renforcée par des dispositifs

spécifiques de maintien, qui assurent une continuité mécanique entre chaque détecteur et ses plus proches voisins. La réalisation d'une configuration répétitive du détecteur de l'invention selon une architecture
 5 linéaire ou matricielle conduit à un assemblage de détecteurs qu'on qualifiera de connexes, dont la tenue mécanique est améliorée.

L'intermodulation thermique IMT qui se traduit
 10 par une intermodulation électrique entre détecteurs voisins est parfaitement définie par les dimensions géométriques respectives des dispositifs d'isolation thermique 12 et des connexions mécaniques 15 et 15' et de ce fait, peut être corrigée. Au premier ordre, on a
 15 les relations suivantes :

$$IMT = dT/dT_v = R_{th}/(R_{th}+2.R_{cx})$$

$$R_{th} = L_1/(\lambda_1.W_1.E_1)$$

$$R_{cx} = L_2/(\lambda_2.W_2.E_2)$$

avec :

- 20 • dT l'échauffement d'un détecteur, induit via les connexions mécaniques, par l'échauffement dT_v du détecteur voisin recevant le flux infrarouge ;
- R_{th} l'impédance thermique des dispositifs d'isolation thermique 12 ;
- 25 • R_{cx} l'impédance thermique des connexions mécaniques 15 et 15' ;
- λ₁, L₁, W₁, E₁ étant respectivement la conductibilité calorifique, la longueur, la largeur et l'épaisseur des dispositifs d'isolation thermique 12 et
- 30 λ₂, L₂, W₂, E₂ représentant les mêmes paramètres relatifs aux connexions mécaniques 15, 15'.

Dans ce cas particulier où les dispositifs 12, 15 et 15' présentent la même section et une conductibilité calorifique identique, l'inter-
 35 modulation IMT entre détecteurs s'exprime par :

$$IMT = L_1 / (L_1 + 2 \cdot L_2)$$

L'intermodulation entre détecteurs peut donc être limitée et ajustée en fonction de l'application visée, grâce à un dessin idoine des dispositifs 12, 15 et 15'. Typiquement des valeurs de l'ordre de 20 %, qui permettent de réaliser une rétine infrarouge de bonne qualité, peuvent être obtenues pour des connexions 15, 15' présentant une longueur double des bras d'isolation thermique 12, comme illustré sur la figure 9.

On peut également s'affranchir totalement de l'intermodulation introduite par les connexions en procédant à un traitement mathématique adapté du signal issu des détecteurs, en déconvoluant (filtrage inverse) le signal brut entaché d'intermodulation par un filtre dont le gabarit est défini par le taux d'intermodulation. La figure 10 représente ainsi le gabarit d'un filtre adapté au traitement d'un signal issu d'un détecteur central 16 présentant deux éléments de connexions vers les détecteurs voisins 17 et 18 et caractérisé par un taux d'intermodulation de 10 %.

On va à présent décrire plusieurs modes de réalisation du dispositif de l'invention.

Les figures 11A et 11B montre deux vues en coupe d'une structure réalisée selon un mode préféré de l'invention, en représentant deux détecteurs voisins 16 et 17. La première coupe (figure 11A) est réalisée en dehors des dispositifs de connexions 15 et 15', alors que la seconde (figure 11B) traverse ceux-ci.

Le procédé de fabrication d'un tel dispositif part d'un circuit de traitement 19 déjà achevé, obtenu suivant les techniques connues par exemple de la micro-électronique sur silicium, faisant apparaître en surface des plots métalliques 20 de liaison qui permettent de réaliser les connexions électriques entre

les détecteurs et les entrées du circuit de traitement. Ces plots de liaison 20 sont ordinairement passivés par une couche isolante 21 dans laquelle des ouvertures ont été aménagées au niveau des plots.

5 Une couche métallique 22, par exemple en aluminium, est avantageusement déposée et définie par photolithographie afin de réaliser un réflecteur infrarouge en surface du circuit de traitement 19. Le rôle de ce réflecteur est d'optimiser l'absorption de
10 l'onde infrarouge en améliorant l'efficacité de la cavité résonante quart d'onde constituée par le réflecteur 22, le micro-pont 29 et l'espace entre ces deux éléments.

Une couche sacrificielle 23, composée par
15 exemple de polyimide, est ensuite étendue et éventuellement recuite. Cette couche sur laquelle est assemblé le micro-pont et qui est enlevée in fine, permet de réaliser ladite cavité. L'épaisseur de cette couche est généralement de 2,5 micromètres, ce qui
20 permet de réaliser un détecteur sensible dans une gamme de longueur d'onde de l'ordre de 10 micromètres.

Les couches constituant le micro-pont, qui sont ensuite déposées sur la couche sacrificielle 23, sont au moins au nombre de deux :

25 - une couche 24 de matériau sensible à la température qui peut être du silicium amorphe déposé selon un procédé classique ;

- une couche conductrice 25 constituant les électrodes du détecteur, qui peut être du nitrure de
30 titane déposé par pulvérisation réactive.

Les dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique dont la réalisation va être décrite ci-après, sont ceux d'un micro-pont dans le domaine de l'infrarouge. Les étapes de leur obtention
35 leur sont spécifiques, indépendantes des étapes

précédentes décrites et peuvent être remplacées par les étapes d'obtention d'autres dispositifs de maintien et d'interconnexion.

5 Ces dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique sont ainsi obtenus en réalisant :

- une gravure, selon des procédés de photolithographie, des couches 23, 24, 25 au droit des plots de liaison 20 ;

10 - puis, le dépôt de une ou plusieurs couches métalliques 26 qui permettent d'assurer la continuité électrique et mécanique entre les plots de liaison et les électrodes du micro-pont. Cette couche métallique est constituée, par exemple, d'aluminium. Cette couche
15 26 est définie et gravée selon les procédés classiques, de façon à limiter l'encombrement de ces dispositifs d'interconnexion à la seule surface nécessaire à une bonne reprise de contact avec l'électrode 25 du détecteur.

20 On définit alors les électrodes du dispositif de l'invention par gravure de la couche métallique 25 selon une configuration adaptée aux caractéristiques électriques que l'on souhaite donner au détecteur. Cette couche 25 est avantageusement enlevée des zones
25 qui seront ultérieurement occupées par les organes de connexion, de manière à éviter les courts-circuits électriques entre détecteurs et à améliorer l'impédance thermique des connexions.

On peut également déposer sur le micro-pont 29
30 une dernière couche 28 qui permet d'obtenir une structure symétrique moins sensible aux contraintes internes qui se développent dans les couches, en compensant les phénomènes de type « bilame ». Cette couche 28 peut être soit un matériau électriquement
35 actif, éventuellement de même nature que le matériau

sensible à la température 24, soit un matériau électriquement neutre qui peut être un matériau à faible conductibilité calorifique car il peut augmenter les fuites thermiques du micro-pont. On utilise donc de
 5 manière préférentielle de l'oxyde de silicium, du nitrure de silicium ou encore du silicium amorphe.

Un dernier niveau photolithographique permet de définir le périmètre des détecteurs par gravure simultanée des couches 24, 25, 28, ce qui permet :

- 10 - d'isoler les détecteurs entre eux ;
- de définir les dispositifs d'isolation thermique 12 taillés dans le micro-pont 29 proprement dit, de façon à réaliser entre le dispositif de maintien mécanique et d'interconnexion électrique d'une
 15 part et le détecteur d'autre part, un organe de section réduite, de longueur importante et de bonne tenue mécanique.

Les connexions entre détecteurs peuvent aussi être réalisées au cours de cette dernière étape. En
 20 utilisant un masque au dessin adéquat, la gravure des couches 24, 25, 28 épargne une zone particulière, d'étendue limitée et située entre les détecteurs, la matière épargnée constituant les dispositifs de connexion. La zone épargnée présente une section
 25 faible, typiquement de 0,5 à 3 micromètres de large pour une épaisseur égale à l'épaisseur du micro-pont. Le rapport géométrique de la connexion au périmètre total du détecteur est alors très limité, ce qui permet de réaliser des détecteurs présentant une faible
 30 intermodulation thermique.

On va à présent considérer successivement plusieurs variantes du dispositif de l'invention ayant pour but de limiter l'intermodulation thermique entre

détecteurs, tout en assurant une tenue mécanique satisfaisante.

Une première variante de l'invention consiste à amincir les dispositifs de connexion grâce à une gravure partielle de ces derniers. On peut soit graver
5 totalement une des couches des éléments de connexion, soit amincir sensiblement l'une de ses composantes par le contrôle du temps de gravure. A titre d'exemple la couche métallique 25 et la couche optionnelle 28
10 peuvent être éliminées au niveau des connexions, sans pour autant limiter la tenue mécanique de l'ensemble. Ce procédé de gravure locale fait appel à l'utilisation d'un masque particulier et aux techniques de photolithographie usuelles.

15 Une seconde variante consiste à rapporter sur des micro-ponts complètement isolés les uns des autres, un élément de connexion réalisé dans un matériau éventuellement autre que ceux déjà présents dans le micro-pont et choisi pour ses caractéristiques
20 thermiques favorables, par exemple le nitrure de silicium ou des matériaux polymères qui présentent une faible conductibilité calorifique. Les polymères du type PVDF sont particulièrement favorables car ils présentent une conductibilité calorifique inférieure
25 d'un ordre de grandeur à la conductibilité calorifique de l'oxyde de silicium. Les techniques usuelles de dépôt, en particulier les dépôts PECVD, LPCVD, pulvérisation cathodique, épandage de solution contenant un précurseur liquide, etc... sont
30 utilisables.

l'invention peut également s'appliquer à des dispositifs de connexion de forme géométrique autre que rectangulaire. Un dessin qui maximise la longueur est favorable puisqu'il limite l'intermodulation entre
35 détecteurs. A titre d'exemple, la figure 12 montre le

dessin d'un masque qui réalise la découpe du micro-pont selon le concept de l'invention et qui maximise la longueur des connexions.

REVENDECATIONS

1. Dispositif de détection thermique de rayonnements électromagnétiques comportant au moins deux détecteurs à micro-ponts, caractérisé en ce que les couches suspendues des micro-ponts de deux détecteurs voisins (16, 17, 18) sont reliées entre elles par des connexions mécaniques (15, 15').

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel chaque connexion mécanique (15, 15') est un prolongement de l'une au moins des couches suspendues des micro-ponts.

3. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel chaque connexion mécanique (15, 15') comprend un matériau à faible conductibilité calorifique.

4. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la (ou les) connexion(s) mécanique(s) (15, 15') est (sont) dans l'alignement de deux dispositifs de maintien mécanique (11), appartenant chacun à l'un de deux détecteurs voisins.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif forme une configuration répétitive de détecteurs selon une architecture linéaire ou matricielle.

6. Procédé de fabrication d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que en partant d'un circuit de traitement (19) faisant apparaître en surface des plots métalliques de liaison (20), il comprend les étapes suivantes :

- on réalise un réflecteur (22) en surface du circuit de traitement par dépôt d'une couche métallique et définition par photolithographie ;

- on réalise une cavité optique par dépôt d'une couche sacrificielle (23), qui est enlevée ensuite ;

- on dépose au moins deux couches constituant le micro-pont, à savoir

- 5 • une couche de matériau sensible à la température (24),
- une couche conductrice (25) constituant les électrodes du détecteur ;

10 - on réalise les dispositifs de maintien mécanique et d'interconnexion électrique

- en réalisant une gravure au droit des plots de liaison, de la couche sacrificielle (23), de la couche de matériau sensible à la température (24)
- 15 et de la couche conductrice (25),

- en déposant et en gravant au moins une couche métallique (26) qui permet d'assurer la continuité électrique et mécanique entre les plots de liaison (20)
- 20 et les électrodes du micro-pont (25) ;

- on définit les électrodes du détecteur par gravure de la couche conductrice (25) ;

- on grave simultanément la couche de matériau sensible à la température (24), la couche conductrice (25) et des couches optionnelles (28), en utilisant un masque pour épargner une zone située entre les détecteurs.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la couche de matériau sensible à la température (24) est une couche de silicium amorphe.

8. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la couche conductrice (25) constituant les électrodes du détecteur est une couche de nitrure de titane.

9. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on dépose une couche d'aluminium (26) qui permet d'assurer la continuité électrique entre les plots électriques (20) et les électrodes du micro-pont (25).

5 10. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on enlève la couche métallique (25), constituant les électrodes du détecteur, dans les zones occupées par les connexions mécaniques (15, 15').

10 11. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, après l'étape de définition des électrodes du détecteur par gravure de la couche conductrice (25), on dépose une dernière couche (28).

15 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel cette dernière couche (28) est une couche d'oxyde de silicium, de nitrure de silicium, ou de silicium amorphe.

13. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on amincit les connexions mécaniques (15, 15') grâce à une gravure partielle de ces dernières.

20 14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel on élimine la couche conductrice (25) et la dernière couche (28) au niveau des connexions.

25 15. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on rapporte, sur des micro-ponts complètement isolés les uns des autres, un élément de connexion réalisé en un matériau qui présente une faible conductibilité calorifique.

30 16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel le matériau à faible conductibilité calorifique est du nitrure de silicium ou un matériau polymère.

1 / 4
RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE

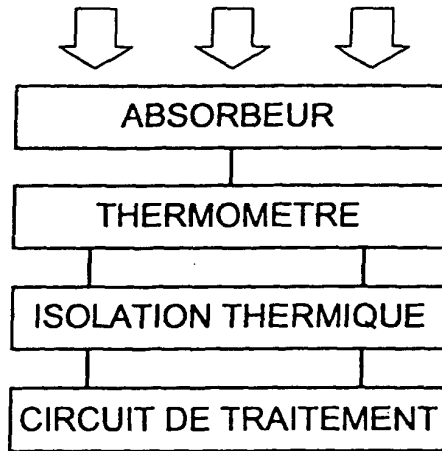


Fig. 1

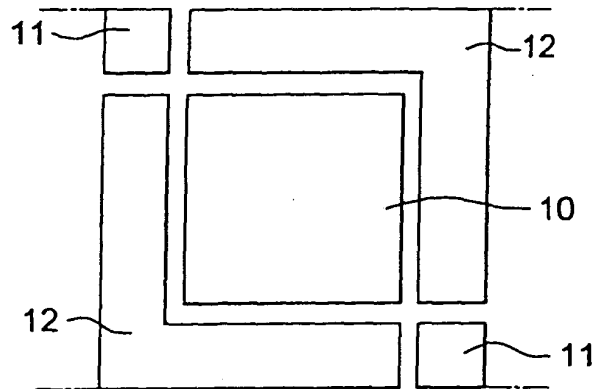


Fig. 2

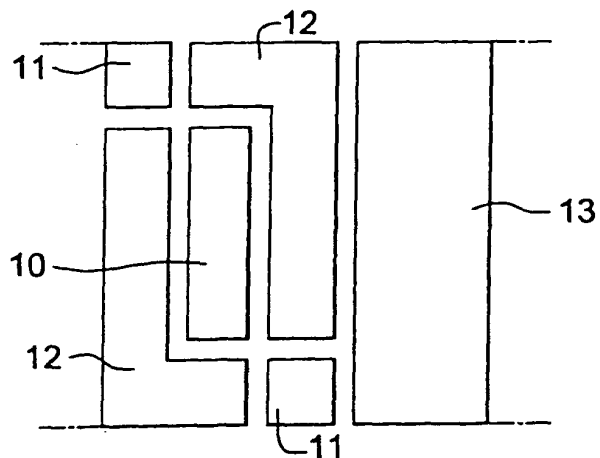


Fig. 3

